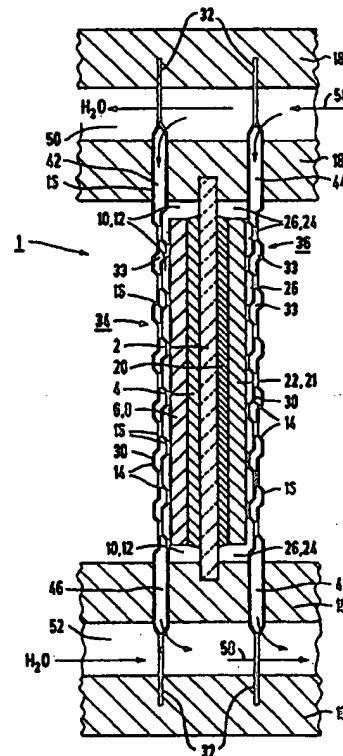




(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :  H01M 8/02, 8/10, 8/24		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/22179  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 17. August 1995 (17.08.95)
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE95/00113</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 30. Januar 1995 (30.01.95)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: P 44 04 439.9 11. Februar 1994 (11.02.94) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BETTE, Willi [DE/DE]; Peppelgasse 7c, D-91056 Erlangen (DE). GRÖPPEL, Dieter [DE/DE]; Görlitzer Strasse 11, D-91058 Erlangen (DE). STRASSER, Karl [DE/DE]; Leipziger Strasse 79, D-91058 Erlangen (DE).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>	
<p>(54) Title: ELECTRO-CHEMICAL CELL</p> <p>(54) Bezeichnung: ELEKTROCHEMISCHE ZELLE</p> <p>(57) Abstract</p> <p>It is a problem in electro-chemical cells to reduce the internal electrical resistance and improve the gas supply and removal of product water. To this end, according to the invention, in an electro-chemical cell (1) with an ion-conducting diaphragm (2), and electrode (4, 20) bearing on each side of said diaphragm (2), a current collector (6, 8, 21, 22) bearing on each electrode on the side away from the diaphragm and with a gas chamber (12) communicating with one electrode (4) for oxygen or an oxygen-containing gas (10) and water and with a gas chamber (26) communicating with the other electrode (20) for a combustion gas (24), a carbon-fibre fabric (8) bears on the electrode (4) as a current collector (6) and communicates with the gas chamber (12) conveying the oxygen or oxygen-containing gas.</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Bei elektrochemischen Zellen besteht das Problem, den inneren elektrischen Widerstand zu verringern und die Gasversorgung und Produktwasserversorgung zu verbessern. Hierzu sieht die Erfindung vor, daß bei einer elektrochemischen Zelle (1) mit einer ionenleitenden Membran (2), mit je einer an jeder Seite der Membran (2) anliegenden Elektrode (4, 20), mit je einem an der von der Membran abgewandten Seite einer jeden Elektrode anliegenden Stromkollektor (6, 8, 21, 22) und mit einem mit der einen Elektrode (4) kommunizierenden Gasraum (12) für Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gas (10) und Wasser und mit einem mit der anderen Elektrode (20) kommunizierenden Gasraum (26) für ein Brenngas (24) ein Kohlenstofffaserstoffgewebe (8) als Stromkollektor (6) an der Elektrode (4) anliegt, die mit dem Sauerstoff oder das sauerstoffhaltige Gas führenden Gasraum (12) kommuniziert.</p>			



#### ***LEDIGLICH ZUR INFORMATION***

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

## Beschreibung

## Elektrochemische Zelle

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine elektrochemische Zelle mit einer für die Reaktanten undurchlässigen, ionenleitenden Membran, mit je einer an jeder Seite der Membran anliegenden Elektrode, mit je einem an der von der Membran abgewandten Seite einer jeden Elektrode anliegenden Stromkollektor und mit einem mit der einen Elektrode kommunizierenden Gasraum für Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gas und Wasser und mit einem mit der anderen Elektrode kommunizierenden Gasraum für ein Brenngas.

10

15

Eine solche elektrochemische Zelle ist durch die DE-PS 29 51 965 bekannt. Bei dieser bekannten elektrochemischen Zelle bestehen die beiden beidseitig der Membran anliegenden Elektroden aus einer Schicht aus Platin- und Polytetrafluoräthylen-Teilchen, die gemeinsam erhitzt und auf diese Weise miteinander verbacken sind. Diese beiden Elektroden werden dann unter Anwendung von Wärme und Druck mit der ionenleitenden Membran verbunden. An diesen beiden Elektroden liegt jeweils außen ein metallisches Stromsammernetz - auch Kollektor genannt - an, welches vorzugsweise aus Niob oder auch aus Tantal und/oder Titan gefertigt ist. Zur besseren Ableitung des Produktwassers, welches an der sauerstoffführenden Elektrode gebildet wird, liegt zwischen dieser Elektrode und dem metallischen Stromsammernetz ein hydrophob gemachtes Kohlenstoffpapierblatt an. Dieses soll den Zutritt des Oxidationsmittels zur Elektrode und den Abtransport des gebildeten Reaktionswassers (Produktwasser) nicht oder möglichst wenig behindern. Durch das Kohlenstoffpapier soll während des Betriebs eine gute Überleitung des elektrischen Stroms von der Elektrode zum metallischen Stromsammernetz sichergestellt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den elektrischen Widerstand des Systems Stromkollektor-Elektrode einer solchen elektrochemischen Zelle und gleichzeitig die Gasversorgung und Produktwasserentsorgung gegenüber bekannten elektrochemischen Zellen zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Kohlenstofffasergewebe als Stromkollektor an der Elektrode anliegt, die mit dem Sauerstoff oder das sauerstoffhaltige Gas führenden Gasraum kommuniziert. Hierdurch wird an dieser Stelle ein Material mit äußerst geringem Ausbreitungswiderstand für den elektrischen Strom eingesetzt, das auch in sehr dünner Ausführung einen guten Austrag des Reaktionswassers erlaubt. Wegen der sehr guten Austrageeigenschaften für das Reaktionswasser kann die Kohlegewebeschicht relativ dünn gehalten werden, was den elektrischen Widerstand senkrecht zur Zellenebene weiter verringert.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann ein Kohlenstoffpapier als Stromkollektor an der Elektrode anliegen, die mit dem brennstoffführenden Gasraum kommuniziert. Ein solches Kohlenstoffpapier hat im Gegensatz zum Kohlenstofffasergewebe eine deutlich höhere Steifigkeit, so daß die mechanische Stabilität der Zelle allein schon durch seine Verwendung verbessert wird. Eine Optimierung des Kohlenstoffpapiers in bezug auf die Zellsteifigkeit durch Vergrößerung der Dicke des Kohlenstoffpapiers beeinflußt jedoch die Zellleistung vernachlässigbar wenig.

In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung kann das Kohlenstofffasergewebe und/oder Kohlenstoffpapier durch Vorbehandlung wasserabstoßend sein. Dies kann dadurch erreicht werden, daß das Kohlenstofffasergewebe und/oder Kohlenstoffpapier mit einem hydrophoben Polymer behandelt wird. Durch diese Maßnahme wird die Entwässerung der elektrochemischen Zelle und die Versorgung mit den Reaktanten deutlich verbessert. Darüber

hinaus ist diese Maßnahme auch eine Voraussetzung für eine nachfolgend genannte Weiterbildung der Erfindung.

Die Stabilität der elektrochemischen Zelle kann bedeutend erhöht werden, wenn in Weiterbildung der Erfindung die ionenleitende Membran mit den beidseitig anliegenden Elektroden und dem an der einen Elektrode anliegenden Kohlenstofffasergewebe und dem an der anderen Elektrode anliegenden Kohlenstoffpapier zu einer Membran-Elektroden-Einheit heiß verpreßt ist. Dieses Heißverpressen setzt die Anwesenheit eines in der Hitze erweichenden Materials, hier des Polytetrafluoräthylens, voraus. Es bringt den weiteren Vorteil mit sich, daß das nicht sehr stabile Kohlenstofffasergewebe durch die Heißverpressung mit den übrigen Komponenten, das heißt der Membran, den beiden Elektroden und dem Kohlenstoffpapier auf der anderen Seite deutlich versteift wird. Diese Versteifung ist zugleich eine weitere Voraussetzung für eine leichtere Handhabung beim Zusammenbau solcher elektrochemischer Zellen zu Zellstapeln.

20

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

25

Figur 1 einen Querschnitt durch eine elektrochemische Zelle; und

Figur 2 eine vergrößerte Ansicht eines Kohlenstofffasergewebes.

30

In der Figur 1 erkennt man den Aufbau einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Zelle, hier einer Brennstoffzelle 1. Diese enthält eine ionenleitende Membran 2, eine auf der linken Seite der ionenleitenden Membran 2 anliegende Platinelektrode 4, ein an der Platinelektrode 4 anliegender Stromkollektor 6, der hier aus einem Kohlenstofffasergewebe 8 besteht und einem an dem Stromkollektor 6 anliegenden, betriebsmäßig Stromkollektor 6 anliegenden, betriebsmäßig Sauerstoff oder

ein sauerstoffhaltiges Gas 10 und Wasser führenden Gasraum 12. Dieser Gasraum 12 wird durch eine dünne, an das Kohlenstofffasergewebe 8 anliegende, mit Noppen 14 versehene Metallfolie 16 gebildet, welche seitlich über eine umlaufende, am Rand der ionenleitenden Membran 2 anliegende, Randdichtung 18 abdichtet. Die ionenleitende Membran ist für Gase, wie z.B. die Reaktanten  $O_2$  und  $H_2$ , undurchlässig. Die Noppen 14 dienen der Abstützung der Metallfolie 16 am Kohlenstofffasergewebe 8.

10

Symmetrisch hierzu liegen auf der gegenüberliegenden Seite der ionenleitenden Membran 2 nacheinander eine Platinalektrode 20, ein Kohlenstoffpapier 22 und ein betriebsmäßig Brennstoff 24, vorzugsweise  $H_2$ , führender Gasraum 26 an. Letzterer wird wiederum durch eine am Kohlenstoffpapier 22 anliegende, durch Noppen 28 vom Kohlenstoffpapier 22 beabstandete Metallfolie 30 gebildet, die über die umlaufende, den Zwischenraum zwischen der Metallfolie 30 und der ionenleitenden Membran 2 an deren Umfang schließende Dichtung 18 nach außen abgedichtet ist.

An der unmittelbar am Kohlenstofffasergewebe 8 anliegenden, mit Noppen versehenen Metallfolie 16 liegt auf deren anderer Seite eine weitere, ebenfalls mit Noppen 14 versehene Metallfolie 30 unmittelbar an. Die Noppen der Metallfolie 30 sind jedoch zu den Noppen der Metallfolie 16 seitlich versetzt, so daß sich die Noppen der beiden aneinander anliegenden Metallfolien teilweise gegeneinander abstützen und einen möglichst großen zusammenhängenden Raum 33 zwischen sich einschließen. 30 Diese beiden Metallfolien 16, 30 sind an ihren Rändern mit einer umlaufenden, flüssigkeitsdichten Schweißnaht 32 zu einem Kühlelement 34 verschweißt. Dabei trennt die Metallfolie 16 den Sauerstoff führenden Gasraum 12 von dem Kühlmittel 58 führenden Raum 33. Auf der gegenüberliegenden Seite der ionenleitenden Membran 2 liegt am Kohlenstoffpapier 22 ein gleichartig aufgebautes Kühlelement 36 spiegelbildlich an. Dabei trennt auch hier die am Kohlenstoffpapier 22 anliegende

genoppte Metallfolie 30 des Kühlelements 36 den brennstoffführenden Gasraum 26 von dem kühlmittelführenden Raum 33 zwischen den aufeinanderliegenden Metallfolien 16, 30 des Kühlelements 36 ab. Die Kühlelemente 34, 36 sind im Randbereich 5 in der umlaufenden, an der ionenleitenden Membran 2 anliegenden Dichtung 18 eingebettet. Sie haben je auf gegenüberliegenden Seiten radiale Versorgungskanäle 42, 44, 46, 48 für das Kühlmittel und die Reaktanten. Die Kühlelemente 34, 36 werden über die Versorgungskanäle 42, 44, 46, 48 mit dem 10 Kühlmittel, vorzugsweise Wasser, versorgt bzw. entsorgt. Dazu verlaufen in der umlaufenden Randdichtung 18 senkrecht zur ionenleitenden Membran 2 Versorgungs- und Entsorgungskanäle 50, 52 für das Kühlmittel, mit dem die Kühlmittelkanäle 42, 44, 46, 48 kommunizieren und weitere hier nicht dargestellte 15 Versorgungskanäle und Entsorgungskanäle für die Reaktanten. Die metallischen Folien 16, 30 bestehen aus einem korrosionsfesten Metall, wie z.B. Niob. Dabei sorgt die Strukturierung, im vorliegenden Fall die Noppen 14, sowohl für eine Beabstandung als auch für eine Vervielfältigung der Kontaktgabe an 20 das Kohlenstofffasergewebe 8 bzw. an das Kohlenstoffpapier 22. Sie erfüllt somit zugleich auch die Funktion von Stromkollektoren.

Im Ausführungsbeispiel sind das Kohlenstoffpapier 22 und das 25 Kohlenstofffasergewebe 8 in an sich bekannter Weise mit feinem dispergierten Polyfluoräthylen beschichtet und dadurch wasserabweisend gemacht worden. Das Kohlenstoffpapier 22 und das Kohlenstofffasergewebe 8 sind an der Seite, an der diese an der ionenleitenden Membran 2 zur Anlage gebracht werden sollen, mit Platinpartikeln als Katalysator- und Elektrodenmaterial 30 4, 20 beschichtet worden. Die so vorbehandelten Folien aus Kohlenstoffpapier bzw. Kohlenstofffasergewebe werden mit ihren platinbeschichteten Seiten von beiden Seiten an die ionenleitende Membran 2 - im Ausführungsbeispiel eine handelsübliche perfluorierte, sulfonierte Polymermembran - zur Anlage gebracht und mit dieser heiß verpreßt. Die Elektroden 4, 20, das heißt das wasserabweisende Kohlenstofffasergewebe 8

bzw. Kohlenstoffpapier 22 mit der katalytischen Beschichtung, behalten bei diesem Vorgehen ihre Porosität. Dabei sorgt die Polytetrafluoräthylen-Beschichtung für eine gute Haftung dieser Schichten auf und untereinander. Das gemeinsame Heißverpressen dieser Schichten und insbesondere das mit heiß verpreßte Kohlenstoffpapier 22 gibt dieser gemeinsam heiß verpreßten Membran-Elektroden-Einheit die nötige Steifigkeit und Druckfestigkeit. Diese Steifigkeit kommt ihrer Handhabung beim späteren Zusammenbau von Zellstapeln zugute. Ihre Widerstandsfestigkeit gegenüber Druckdifferenzen kommt ihr im Betrieb zugute.

Bei der Inbetriebnahme der Brennstoffzelle 1 wird diese zunächst z.B. mit Hilfe der eigenen inneren Verluste, auf Betriebstemperatur aufgeheizt, wobei Kühlmittel 58 durch die Kühlelemente 34, 36 geleitet wird. Das Kühlmittel 58 strömt in der Darstellung der Figur 1 von unten nach oben durch die beiden Kühlelemente. Ein umgekehrter Strömungsverlauf wäre genausogut möglich. Die Membran-Elektroden-Einheit der Brennstoffzelle 1 überträgt die Verlustwärme über die Elektroden 4, 20 und Kohlenstofffasergewebe 8 bzw. Kohlenstoffpapier 22 auf die anliegenden Kühlelemente. Zugleich strömt über ähnliche, hier nicht weiter dargestellte Versorgungskanäle in der umlaufenden Randdichtung 18 in dem im Ausführungsbeispiel linken Gasraum 12 Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gas und in dem im Ausführungsbeispiel rechten Gasraum 26 Wasserstoffgas 24 ein. Das Wasserstoffgas tritt sodann durch das Kohlenstoffpapier 22 in die Elektrode 20. Dort dissoziieren die Wasserstoffmoleküle zu je zwei Wasserstoffatomen und verwandelt sich jedes Wasserstoffatom unter Abgabe eines Elektrons in ein positiv geladenes Wasserstoffion, das durch die ionenleitende Membran 2 zur gegenüberliegenden Elektrode 4 aufgrund von Coulomb-Kräften geleitet wird. Auf der gegenüberliegenden Seite der ionenleitenden Membran 2 strömt Sauerstoff (10) von dem linken Gasraum 12 durch das Kohlenstofffasergewebe 8 und diffundiert in die platinbeschichtete Elektrode 4. Dort dissoziieren die Wasserstoffmoleküle zu Sau-

erstoffatomen, welche sich an der Elektrode 4 unter Aufnahme von je zwei Elektronen in je ein Sauerstoffion umwandeln, welches sich sodann mit je zwei durch die ionenleitende Membran 2 zuströmende Wasserstoffionen zu elektrisch neutralem Wasser verbindet. Dieses sogenannte Produktwasser perlt von dem Kohlenstofffasergewebe ab und wird mit dem Sauerstoffstrom bzw. dem sauerstoffhaltigen Gas - im Ausführungsbeispiel nach unten aus dem Gasraum 12 über hier nicht weiter dargestellte Versorgungskanäle in der umlaufenden Randdichtung - herausbefördert. An den Elektroden 4, 20 können die unterschiedlichen elektrischen Potentiale abgegriffen werden.

In der Figur 2 erkennt man eine vergrößerte Darstellung des Kohlenstofffasergewebes 8. Diese Darstellung macht deutlich, daß ein solches Gewebe infolge der durchgehenden Kohlenstofffasern 60 in der Gewebeebene einen außerordentlich geringen elektrischen Widerstand hat, weil hier der Strom ohne zwischengeschaltete Kontaktstellen durch die Kohlenstofffasern von einem Ende des Gewebes bis zum anderen hindurchgeleitet wird. Auch wird aus der Figur 2 die sehr gute Durchlässigkeit des Kohlenstofffasergewebes für Gase und auch Wasser deutlich.

Durch den sehr geringen elektrischen Ausbreitungswiderstand des Kohlenstofffasergewebes 8 werden Potentialdifferenzen innerhalb der einzelnen Elektroden, wie sie etwa durch unterschiedliche Konzentrationen an der Einström- und Ausströmsseite der sauerstoffhaltigen Gase bzw. der Brenngase entstehen können, gut ausgeglichen. Darüber hinaus ist das Kohlenstofffasergewebe 8 besonders gut geeignet, das entstehende Produktwasser durchzulassen. Das erlaubt es, die Stärke des Kohlenstofffasergewebes besonders gering zu wählen. Hierdurch verringert sich der innere Widerstand der Brennstoffzelle 1 in Richtung senkrecht zur Elektrodenebene noch weiter. Durch die gute Entwässerung der Elektrode wird ein Überschwemmen derselben verhindert und wird der innere Kontaktwiderstand besonders gering. Insbesondere wird durch die geringe Dicke

des Kohlenfasergewebes die Diffusion des Reaktionsgases, das im Fall von Luft einen hohen Stickstoffanteil hat, weniger behindert als bei Verwendung eines dickeren Stromkollektors.

- 5 Durch die Heißverpressung der Bauteile (2, 4, 20, 8, 22) der Brennstoffzelle 1 und durch die Verwendung eines dickeren, steifen Stromkollektors auf der Anodenseite wird die geringe Steifigkeit des kahodenseitigen Stromkollektors 22, des Kohlenfasergewebes 8, gut kompensiert. Anstelle der im Ausführungsbeispiel zur Beabstandung der Metallfolien 16, 30 verwendeten Noppen 14 können auch andere Strukturelemente in die Metallfolien eingeprägt werden. Solche können beispielsweise im Winkel zueinander verlaufende Wellen oder Rillen sein.
- 10

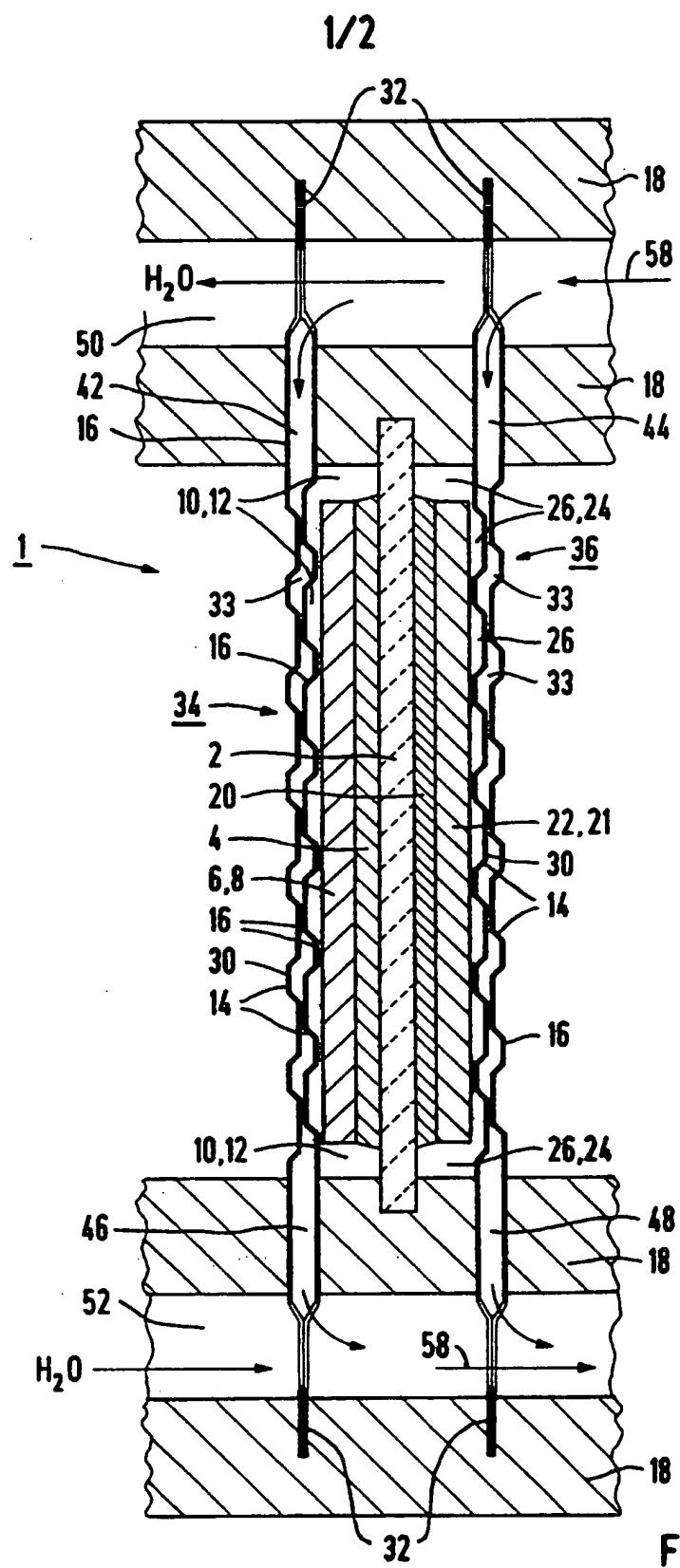
## Patentansprüche

1. Elektrochemische Zelle (1) mit einer für die Reaktanten undurchlässigen, ionenleitenden Membran (2), mit je einer an 5 jeder Seite der Membran anliegenden Elektrode (4, 20), mit je einem an der von der Membran abgewandten Seite einer jeden Elektrode anliegenden Stromkollektor (6, 8, 21, 22) und mit einem mit der einen Elektrode (4) kommunizierenden Gasraum (12) für Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gas (10) und 10 Wasser und mit einem mit der anderen Elektrode (20) kommunizierenden Gasraum (26) für ein Brenngas (24), dadurch gekennzeichnet, daß ein Kohlenstofffasergewebe (8) als Stromkollektor (6) an der Elektrode (4) anliegt, die mit dem Sauerstoff oder das sauerstoffhaltige Gas (10) führenden Gasraum (12) kommuniziert.
2. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kohlenstoffpapier (22) als Stromkollektor (21) an der Elektrode (20) anliegt, 20 die mit dem Brennstoff führenden Gasraum (26) kommuniziert.
3. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Kohlenstofffasergewebe (8) und/oder Kohlenstoffpapier (22) durch 25 Vorbehandlung wasserabstoßend ist.
4. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Kohlenstofffasergewebe (8) und/oder Kohlenstoffpapier (22) fein dispergiertes Polytetrafluoräthylen enthält.
5. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die ionenleitende Membran mit den beidseitig anliegenden Elektroden 35 heiß verpreßt ist.

10

6. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, 5 durch gekennzeichnet, daß die ionenleitende Membran (2) mit den beidseitig anliegenden Elektroden (4, 20) und dem an der einen Elektrode (4) anliegenden Kohlenstofffasergewebe (8) und dem an der anderen Elektrode (20) anliegenden Kohlenstoffpapier (22) zu einer Membran-Elektrodeneinheit heiß verpreßt ist.

7. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, 10 durch gekennzeichnet, daß der Werkstoff der am Kohlefasergewebe und am Kohlenstoffpapier anliegenden strukturierten Metallfolien aus einer Nickelbasislegierung wie z.B. NiMo16Cr15W (DIN-Werkstoffbezeichnung 2.4819) besteht.



2/2

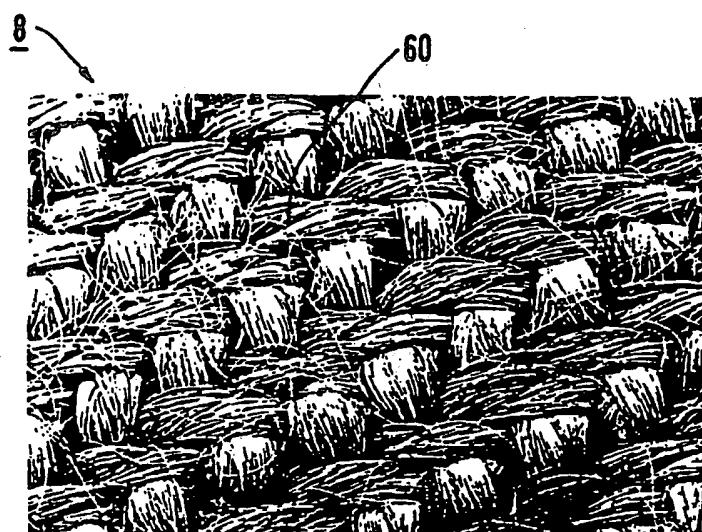


FIG 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat'l Application No  
PCT/DE 95/00113A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H01M8/02 H01M8/10 H01M8/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP,A,0 226 911 (DOW CHEMICAL CO) 1 July 1987 see page 5, line 6 - line 21 see page 5, line 51 - page 6, line 7 see page 6, line 15 - line 18; claims 9,12 ---	1,5
X	EP,A,0 228 602 (DOW CHEMICAL CO) 15 July 1987 see column 6, line 10 - line 58 see column 7, line 33 - line 41 ---	1,5
P,X	WO,A,94 05051 (DODGE CLEVELAND E) 3 March 1994 see page 35, line 31 - page 36, line 5; figures 13,17 ---	1 -/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 May 1995

Date of mailing of the international search report

24.05.95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

D'hondt, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat'l Application No  
PCT/DE 95/00113

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,4 804 592 (VANDERBORGH NICHOLAS E ET AL) 14 February 1989 see column 10, line 3 - line 8 see column 10, line 24 - line 27 see column 10, line 58 - column 11, line 4 see column 11, line 17 - line 19; figures 1,4 see column 4, line 62 - line 68 ---	1,3-5
A	WO,A,92 13365 (BALLARD POWER SYSTEMS INC) 6 August 1992 see page 13, line 12 - page 14, line 20; figure 1 see page 14, line 30 - page 15, line 3 ---	1,3,4
A	US,A,4 992 126 (DOOR ROBERT D) 12 February 1991 see column 2, line 30 - line 56; claim 1 see column 1, line 19 ---	1,3-5
A	US,A,4 855 193 (MCELROY JAMES F) 8 August 1989 ---	
A	DE,A,33 23 491 (GEN ELECTRIC) 12 January 1984 see page 10, paragraph 2 - paragraph 3; figure 1 see page 13, last paragraph - page 14, paragraph 1 ---	
A	EP,A,0 463 542 (HUGHES AIRCRAFT CO) 2 January 1992 see column 7, line 3 - line 18; claim 4 ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012 no. 355 (E-661) ,22 September 1988 & JP,A,63 110555 (HITACHI LTD) 16 May 1988, see abstract -----	1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No	
PCT/DE 95/00113	

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP-A-0226911	01-07-87	US-A-	4826554	02-05-89
		US-A-	4654104	31-03-87
		AU-B-	569830	18-02-88
		AU-A-	6632986	11-06-87
		JP-A-	62196389	29-08-87
EP-A-0228602	15-07-87	US-A-	4824508	25-04-89
		AU-B-	567020	05-11-87
		AU-A-	6619786	11-06-87
		CA-A-	1293952	07-01-92
		JP-C-	1477396	27-01-89
		JP-A-	62188790	18-08-87
		JP-B-	63025076	24-05-88
WO-A-9405051	03-03-94	US-A-	5336570	09-08-94
US-A-4804592	14-02-89	DE-A-	3835336	27-04-89
		JP-A-	1143151	05-06-89
WO-A-9213365	06-08-92	US-A-	5260143	09-11-93
		AU-A-	1164292	27-08-92
		EP-A-	0567499	03-11-93
		JP-T-	6504403	19-05-94
		US-A-	5366818	22-11-94
US-A-4992126	12-02-91	NONE		
US-A-4855193	08-08-89	NONE		
DE-A-3323491	12-01-84	US-A-	4543303	24-09-85
		JP-C-	1741333	15-03-93
		JP-B-	4025674	01-05-92
		JP-A-	59037663	01-03-84
EP-A-0463542	02-01-92	US-A-	5087534	11-02-92
		AT-T-	109596	15-08-94
		AU-B-	618704	02-01-92
		CA-A-	2042512	23-12-91
		DE-D-	69103225	08-09-94
		JP-A-	4229960	19-08-92

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 H01M8/02 H01M8/10 H01M8/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprästoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 H01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprästoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP,A,0 226 911 (DOW CHEMICAL CO) 1.Juli 1987 siehe Seite 5, Zeile 6 - Zeile 21 siehe Seite 5, Zeile 51 - Seite 6, Zeile 7 siehe Seite 6, Zeile 15 - Zeile 18; Ansprüche 9,12 ---	1,5
X	EP,A,0 228 602 (DOW CHEMICAL CO) 15.Juli 1987 siehe Spalte 6, Zeile 10 - Zeile 58 siehe Spalte 7, Zeile 33 - Zeile 41 ---	1,5
P,X	WO,A,94 05051 (DODGE CLEVELAND E) 3.März 1994 siehe Seite 35, Zeile 31 - Seite 36, Zeile 5; Abbildungen 13,17 ---	1 -/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- 'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- 'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- 'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- 'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- 'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

Siehe Anhang Patentfamilie

- 'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- 'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- 'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- '&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15.Mai 1995

24.05.95

Name und Postanschrift der internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

D'hondt, J

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internat. Aktenzeichen  
PCT/DE 95/00113

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,4 804 592 (VANDERBORGH NICHOLAS E ET AL) 14.Februar 1989 siehe Spalte 10, Zeile 3 - Zeile 8 siehe Spalte 10, Zeile 24 - Zeile 27 siehe Spalte 10, Zeile 58 - Spalte 11, Zeile 4 siehe Spalte 11, Zeile 17 - Zeile 19; Abbildungen 1,4 siehe Spalte 4, Zeile 62 - Zeile 68 ---	1,3-5
A	WO,A,92 13365 (BALLARD POWER SYSTEMS INC) 6.August 1992 siehe Seite 13, Zeile 12 - Seite 14, Zeile 20; Abbildung 1 siehe Seite 14, Zeile 30 - Seite 15, Zeile 3 ---	1,3,4
A	US,A,4 992 126 (DOOR ROBERT D) 12.Februar 1991 siehe Spalte 2, Zeile 30 - Zeile 56; Anspruch 1 siehe Spalte 1, Zeile 19 ---	1,3-5
A	US,A,4 855 193 (MCELROY JAMES F) 8.August 1989 ---	
A	DE,A,33 23 491 (GEN ELECTRIC) 12.Januar 1984 siehe Seite 10, Absatz 2 - Absatz 3; Abbildung 1 siehe Seite 13, letzter Absatz - Seite 14, Absatz 1 ---	
A	EP,A,0 463 542 (HUGHES AIRCRAFT CO) 2.Januar 1992 siehe Spalte 7, Zeile 3 - Zeile 18; Anspruch 4 ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012 no. 355 (E-661) ,22.September 1988 & JP,A,63 110555 (HITACHI LTD) 16.Mai 1988, siehe Zusammenfassung -----	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat' des Aktenzeichen

PCT/DE 95/00113

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP-A-0226911	01-07-87	US-A-	4826554	02-05-89
		US-A-	4654104	31-03-87
		AU-B-	569830	18-02-88
		AU-A-	6632986	11-06-87
		JP-A-	62196389	29-08-87
EP-A-0228602	15-07-87	US-A-	4824508	25-04-89
		AU-B-	567020	05-11-87
		AU-A-	6619786	11-06-87
		CA-A-	1293952	07-01-92
		JP-C-	1477396	27-01-89
		JP-A-	62188790	18-08-87
		JP-B-	63025076	24-05-88
WO-A-9405051	03-03-94	US-A-	5336570	09-08-94
US-A-4804592	14-02-89	DE-A-	3835336	27-04-89
		JP-A-	1143151	05-06-89
WO-A-9213365	06-08-92	US-A-	5260143	09-11-93
		AU-A-	1164292	27-08-92
		EP-A-	0567499	03-11-93
		JP-T-	6504403	19-05-94
		US-A-	5366818	22-11-94
US-A-4992126	12-02-91	KEINE		
US-A-4855193	08-08-89	KEINE		
DE-A-3323491	12-01-84	US-A-	4543303	24-09-85
		JP-C-	1741333	15-03-93
		JP-B-	4025674	01-05-92
		JP-A-	59037663	01-03-84
EP-A-0463542	02-01-92	US-A-	5087534	11-02-92
		AT-T-	109596	15-08-94
		AU-B-	618704	02-01-92
		CA-A-	2042512	23-12-91
		DE-D-	69103225	08-09-94
		JP-A-	4229960	19-08-92